

Pengaruh Modulus Cor Riser Terhadap Cacat Penyusutan Pada Produk Paduan Al-Si

Soejono Tjitro

Dosen Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra
Email : stjtro@peter.petra.ac.id

Lily Setyati Hartanto

Alumnus Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Cacat penyusutan dapat dieliminir atau dikurangi dengan mengontrol modulus cor riser. Modulus cor merupakan perbandingan antara volume terhadap luas permukaan coran. Modulus cor besar berarti waktu pembekuan cairan logam lebih lama. Akibatnya gradien temperatur cair logam rendah. Namun demikian, gradien temperatur cair logam juga dipengaruhi oleh komposisi paduan aluminium-silikon.

Penelitian ini menggunakan paduan Al-Si 7% dan Al-Si 12,5% . Riser yang digunakan dua jenis yang memiliki modulus cor yang berbeda. Proses pengecoran yang digunakan adalah pengecoran dengan cetakan pasir.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa modulus cor riser dan komposisi paduan berpengaruh terhadap terjadinya cacat penyusutan. Besar butir tidak dipengaruhi oleh modulus cor riser untuk paduan Al-Si yang sama.

Kata kunci: modulus cor, cacat penyusutan, paduan Al-Si.

Abstract

Shrinkage defect can be eliminated or reduced by controlling the casting modulus of riser. Casting modulus is ratio volume to surface area of castings. The higher casting modulus of riser, the longer solidification time of melted metal. Therefore the temperature gradient of melted metal become lower. However, the temperature gradient is also influenced by the composition of aluminum-silicon alloys.

This research investigates 7% Al-Si alloy and 12.5% Al-Si alloy using two type of risers with different casting modulus. The casting process is sand casting.

The research result shows that casting modulus of riser and alloys composition influence shrinkage defect. However, for the same Al-Si alloys, grain size isn't influenced by casting modulus of riser.

Keywords: casting modulus, shrinkage defect, Al-Si alloys.

1. Pendahuluan

Modulus Cor (*casting modulus*) merupakan sifat intrinsik pada proses pengecoran, yang berhubungan dengan waktu pembekuan cairan logam. Nilai *casting modulus* menunjukkan perbandingan antara volume terhadap luas permukaan coran. Idealnya, harga nilai *casting modulus* besar berarti waktu yang dibutuhkan cairan logam untuk membeku lebih lama.

Cacat penyusutan (*shrinkage defect*) adalah satu dari sekian banyak cacat yang sering terjadi pada proses pengecoran. Penyebab cacat ini antara lain pembekuan yang tidak merata

pada produk dimana idealnya proses solidifikasi mengarah ke arah *riser*. Dengan kata lain, *riser* adalah bagian terakhir dari sistem saluran yang membeku sesudah produk cor. Hal ini akan terjadi jika nilai modulus cor *riser* lebih besar daripada modulus cor produk coran. Namun demikian, besarnya modulus cor *riser* memiliki batas tertentu untuk mengeliminir cacat penyusutan pada coran [1].

Komposisi struktur paduan mempengaruhi kemampuan cairan logam untuk memindahkan energi panas. Besarnya energi panas yang dipindahkan berdampak pada waktu pembekuan cairan logam. Artikel ini akan membahas pengaruh komposisi struktur paduan Al-Si 7 % dan Al-Si 12,5 % terhadap cacat penyusutan dengan modulus cor *riser* yang berbeda.

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Februari 2003. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 5 Nomor 1 April 2003.

2. Teori Dasar

2.1 Riser

Riser adalah sistem saluran yang berfungsi untuk menampung kelebihan logam cair, sebagai cadangan logam cair bila terjadi penyusutan dan pengumpan untuk menyuplai cairan logam kepada produk cor bila terjadi penyusutan. Oleh karena itu, ukuran *riser* harus diperhitungkan dengan baik sehingga efisiensi penambah dapat dioptimalkan.

Ada beberapa metoda untuk menentukan ukuran *riser*, antara lain metoda kurva Caine, metoda faktor bentuk dan sebagainya. *Riser* yang digunakan untuk penelitian ini berdasarkan metoda *casting modulus* dimana harus lebih besar dibandingkan *casting modulus* produk cor. Bentuk dan dimensi *riser* yang digunakan dalam penelitian ini sama dengan bentuk dan dimensi *riser* yang digunakan pada penelitian sebelumnya [2].

2.2 Cacat penyusutan

Cacat penyusutan timbul disebabkan kegagalan menggantikan kekurangan cairan logam akibat penyusutan. Kejadian ini biasanya merupakan gejala ketidak-tepatan sistem saluran dan teknik pengumpanan. Selain itu, cacat ini juga bisa disebabkan temperatur tuang terlalu tinggi. Cacat ini dapat dieliminir atau dikurangi dengan mendesain sistem saluran sedemikian hingga pembekuan terarah (*directional solidification*) dapat tercapai.

Cacat penyusutan biasanya sering terjadi pada bagian yang mengalami perubahan penampang secara drastis, jaraknya terlalu jauh dari *riser* atau penampang yang terlalu tipis. Untuk itu *riser* lebih diutamakan ditempatkan pada bagian-bagian dari produk coran yang diprediksi akan mengalami cacat penyusutan.

2.3 Paduan aluminium-silikon

Paduan aluminium-silikon merupakan jenis paduan aluminium yang paling banyak digunakan dalam proses pengecoran dibandingkan dengan jenis paduan aluminium yang lain. Hal ini disebabkan antara lain sifat fluiditas yang baik. Silikon ditambahkan dengan tujuan untuk meningkatkan mampu cor (*castability*) serta memperbaiki sifat mekanis dari aluminium murni.

Paduan aluminium-silikon termasuk paduan cor (*casting alloys*) dan diberi kode seri 4xx.x. Mampu tuang paduan cor dapat diperbaiki dengan menambah unsur silikon sampai

dengan 23%. Disamping itu, penambahan unsur silikon juga dapat memperbaiki sifat fluiditas dan *feeding characteristic* daripada paduan. Di bawah ini beberapa sifat mekanis paduan aluminium-silikon yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Sifat Mekanis Paduan Aluminium-Silikon 7 % [3]

Komposisi	Cu max 0.05, Mg 0.45-0.6, Si 6.5-7.5, Fe max 0.2, Zn max 0.05
Densitas	2.68 gr/cm ³
Konduktivitas Panas	152 W/mK

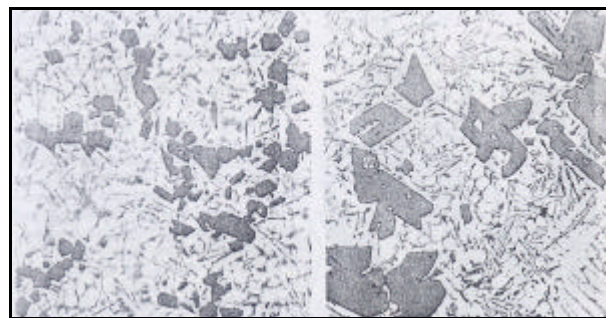
Tabel 2. Sifat Mekanis Paduan Aluminium-Silikon 12,5 % [3]

Komposisi	Cu max 1.0, Mg max 0.1, Si 11.0-13.0, Fe max 2.0, Zn max 0.5
Densitas	2.657 gr/cm ³
Konduktivitas Panas	121 W/mK

2.4 Struktur mikro paduan aluminium-silikon

Struktur mikro bergantung kepada jumlah unsur dalam paduan. Struktur mikro paduan aluminium-silikon bergantung pada jumlah kandungan silikon dalam aluminium.

Paduan *hypo-eutectoid* aluminium-silikon terdiri dari fasa utama aluminium dengan fiber silikon terdistribusi pada matrik aluminium. Sedangkan pada struktur mikro paduan *hyper-eutectoid* aluminium-silikon, fasa silikon terbentuk sebagai fasa utama partikel-partikel campuran dan fiber silikon. Dibawah ini ditunjukkan struktur mikro paduan *hypo-eutectoid* dan paduan *hyper-eutectoid* aluminium-silikon.



Gambar 1. Paduan Aluminium-Silikon *hypo-eutectoid* dan *hyper-eutectoid* [1]

3. Prosedur Eksperimen

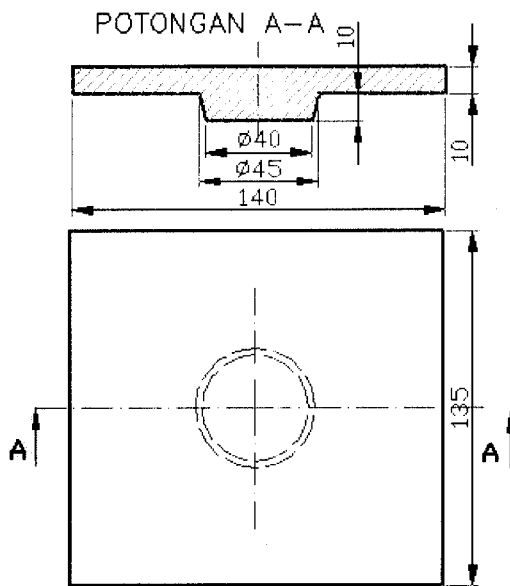
3.1 Pemilihan proses pengecoran

Proses Pengecoran yang digunakan adalah pengecoran cetakan pasir (*sand casting*) dengan

jenis cetakan sekali pakai (*expendable mold casting*). Dapur yang dipergunakan jenisnya *crucible*.

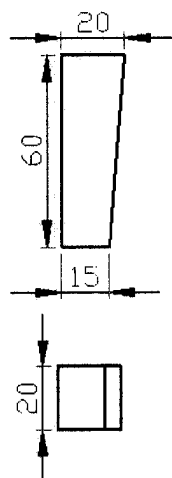
3.2 Persiapan pola

Jenis pola yang dipergunakan adalah pola tunggal dengan bahan dasar kayu. Pola merupakan bentuk tiruan (negatif) dari produk cor yang akan dibuat. Bagian tepi pola harus dibuat bentuk tirus agar memudahkan pada saat pola akan diangkat dari cetakan pasir. Sudut tirus (*draft angle*) yang diberikan untuk pola pada penelitian ini sekitar 1-5°.

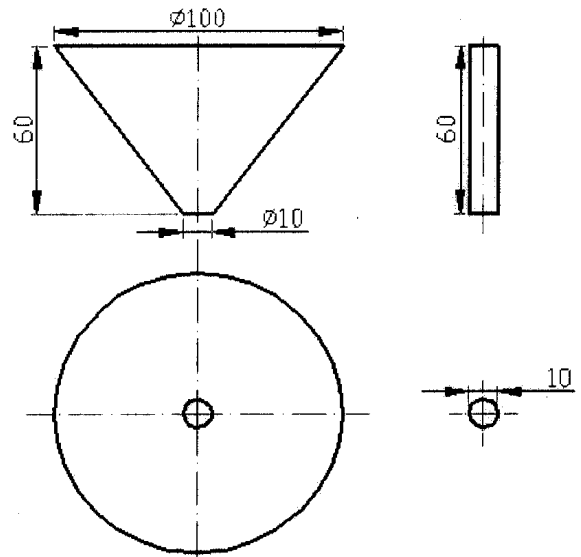


Gambar 2. Pola Produk

Riser maupun saluran turun juga dipersiapkan, hanya saja pola untuk *riser* disiapkan 2 macam model, untuk selanjutnya disebut model I dan model II. Kedua model *riser* adalah jenis *riser* tembus permukaan cetakan pasir.

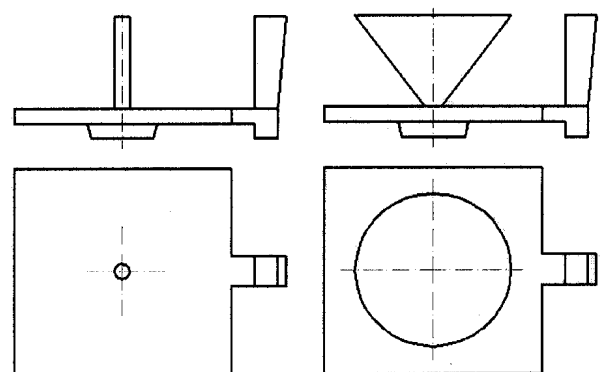


Gambar 3. Pola Saluran Turun



Gambar 4 Model Riser I (kiri) , Model Riser II (kanan)

Model *riser* I berbentuk kerucut terpancung dengan tinggi 60 mm ,diameter permukaan pancung 10 mm, diameter permukaan yang kontak dengan udara luar 100 mm. Model *riser* II berbentuk silinder dengan tinggi 60 mm dan diameter alas 10mm.



Gambar 5 Gabungan Pola, Riser dan Gate

3.3 Persiapan pasir cetak

Pembuatan cetakan pasir menggunakan pasir cetak dengan komposisi pasir cetak 90%, bentonit 5%, gula tetes 2%, air 3%. Untuk membuat sebuah cetakan pasir yang terdiri dari kerangka atas dan kerangka bawah diperlukan campuran $\pm 12,15$ kg pasir, 0,675 kg bentonit, 0,27 kg gula tetes dan 0,405 kg air. Sehingga berat total campuran pasir cetak yang digunakan untuk satu buah cetakan adalah 13,5 kg. Pasir cetak yang dipergunakan memiliki ukuran 60-80 mesh.

Komposisi tersebut diaduk hingga tercampur merata,. Untuk menanggulangi gumpalan pasir maka campuran pasir diayak terlebih dahulu.

3.4 Pembuatan cetakan pasir

Pembuatan cetakan pasir terbagi atas 2 bagian, yaitu kerangka atas (*cup*) serta kerangka bawah (*drag*). Langkah-langkah pembuatan cetakan pasir sebagai berikut dibawah ini:

- Meletakkan lembaran kayu pada kerangka bawah.
- Meletakkan pola produk pada lembaran .
- Menuangkan pasir cetak ke dalam kerangka bawah sambil ditumbuk hingga penuh dan padat.
- Membalik kerangka bawah dan kerangka atas dipasang di atasnya beserta saluran turun.
- Mengisi kembali kerangka atas dengan pasir cetak hingga padat.
- Pola, riser dan saluran turun diangkat dari cetakan pasir..

3.5 Peleburan logam

Paduan yang digunakan dua jenis yaitu paduan Al-Si 7% dan Al-Si 12,5%. Pertama kali membuat ingot Al-Si 7% yang berasal dari campuran 73,53% ADS-12 dan 26,47% aluminium murni. Pembuatan ingot Al-Si 12,5% berasal dari campuran 84,1% ADS-16 dan 15,9% aluminium murni.

3.6 Pengujian komposisi struktur paduan

Pengujian struktur paduan bertujuan untuk mengetahui dengan tepat komposisi unsur paduan yang ada dalam produk cor. Metode pengujian dilakukan dengan cara *spot*, yaitu mengamati komposisi dari beberapa titik pada sampel (3 titik). Kemudian hasil dari tiga kali pengamatan tersebut dirata-rata dan didapat komposisi secara umum dari paduan tersebut.

3.7 Penuangan logam cair

Kerangka cetak yang siap dituang diletakkan sedekat mungkin dengan dapur peleburan untuk menghindari penurunan temperatur yang terlalu besar. Urutan penuangan adalah model I kemudian model II lalu kembali lagi ke model I dan seterusnya. Temperatur tuang dicatat baik pada awal pertama kali penuangan dan akhir penuangan. Temperatur tuang pada eksperimen ini ± 700 °C.

3.8 Pembongkaran cetakan pasir

Cetakan pasir dibongkar untuk mengeluarkan produk cor. Saluran turun dan *riser* dipisahkan dari produk cor. Produk cor diberi kode dan dibelah menjadi 2 bagian, kemudian diamati secara visual ada tidaknya cacat penyusutan (*shrinkage*) pada produk cor.

3.9 Pengujian cacat shrinkage

Pengujian cacat shrinkage dilakukan secara *visual* dengan tahapan langkah pengujian sebagai berikut:

- Memisahkan produk cor dengan riser dan saluran turun. Produk cor dibelah ke arah longitudinal.
- Memoles belahan produk cor menggunakan kertas poles ukuran 100, 180, 240, 360, 400, 600, 800 hingga 1000 dengan tujuan mendapatkan permukaan yang bebas alur potong.
- *Scanning* produk cor sehingga cacat *shrinkage* yang mungkin timbul dapat terdeteksi secara *visual*.

3.10 Pengujian struktur mikro

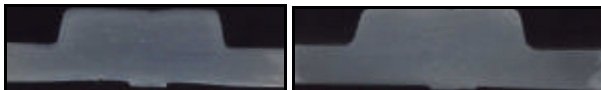
Pengujian struktur mikro dilakukan dengan tujuan mendapatkan gambaran secara mikroskopis dari struktur yang ada pada paduan aluminium. Dalam penelitian ini data kualitatif mikro struktur ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran kualitatif tentang butir khususnya tentang ukuran dan perkembangan butir. Pengujian dapat dilakukan menggunakan mikroskop. Tahapan pengujian sampel untuk mikro struktur adalah sebagai berikut:

- Membuat sampel dari produk cor.
- Menghaluskan permukaan sampel menggunakan kertas amplas ukuran 100, 180, 240, 360, 400, 600, 800, 1000, 1500 hingga 2000 *mesh* dengan tujuan mendapatkan permukaan yang bebas alur potong. Setelah melalui tahap pengamplasan dilanjutkan dengan proses pemolesan dengan kain bludru yang diberi larutan alumina dan air yang mengalir.
- Etsa atau pemberian cairan kimia bertujuan agar permukaan sampel semakin jelas dan sekaligus menghilangkan kotoran dan lemak yang masih menempel pada permukaan sampel. Pada penelitian ini larutan etsa yang dipergunakan adalah larutan 2 ml HF, 3 ml HCl, 5 ml HNO₃, serta 190 ml H₂O. Mencelupkan sampel ke dalam larutan etsa selama 10-20 detik dan dibersihkan dengan alkohol.
- Mengamati struktur mikro sampel dengan bantuan mikroskop.

4. Hasil dan Diskusi

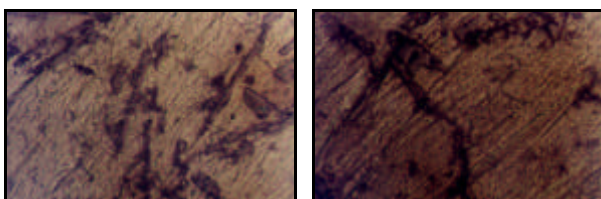
Produk cor paduan Al-Si 7% baik menggunakan *riser* model I dan model II tidak dijumpai adanya cacat penyusutan rongga. Namun, cacat penyusutan permukaan dijumpai pada kedua

model tersebut. Gambar 6 memperlihatkan hasil *scanning* penampang produk cor. Meskipun pembekuan terarah untuk model riser II tidak terjadi oleh karena modulus cor riser model II lebih kecil daripada modulus cor produk cor, namun konduktivitas thermal paduan yang cukup besar ini mempercepat cairan logam membeku. Sehingga waktu pembekuan cairan logam di produk cor masih lebih kecil dibandingkan dengan waktu dimana riser mampu mempertahankan cadangan logam cair dalam keadaan cair.



Gambar 6. Hasil Scanning penampang Produk Cor dengan Model Riser I (kiri) dan Model Riser II (kanan)

Besar butir produk cor paduan Al-Si 7% untuk kedua model relatif sama namun *dendritic segregation* lebih banyak terjadi pada model riser II. Perkembangan butir tidak dipengaruhi dengan besarnya gradien temperatur pada riser. Gambar di bawah ini memperlihatkan struktur mikro paduan Al-Si 7% dengan pembesaran 1000x.

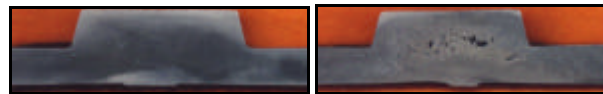


Gambar 7. Struktur Mikro Paduan Al-Si 7% dengan Model Riser I (kiri) dan Model Riser II (kanan)

Cacat porositas terjadi pada paduan ini untuk kedua jenis riser. Hal ini bisa terjadi dimungkinkan karena waktu pembekuan yang singkat sehingga mengurangi waktu bagi butir untuk berkembang sempurna. Sehingga butir tak berkembang sempurna dan menimbulkan lubang-lubang kecil (*micro-porosity*) [5].

Produk cor paduan Al-Si 12,5% dengan model riser I tidak dijumpai adanya cacat penyusutan permukaan dan cacat penyusutan rongga. Ini disebabkan peranan riser untuk menyuplai cairan logam ke dalam produk cor akibat penyusutan berjalan dengan baik. Gradien temperatur yang terjadi di riser masih lebih kecil dibandingkan dengan gradien temperatur yang terjadi di produk cor. Sehingga kondisi cairan logam di riser bisa dipertahankan tetap dalam kondisi cair, selain itu antar bidang *front solidification* belum sempat bertemu dan menutupi lintasan cairan

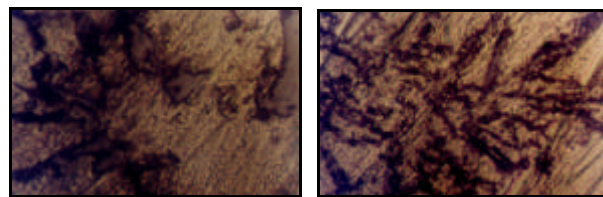
logam. Gambar 8 bagian kiri memperlihatkan potongan penampang produk cor dengan model riser I.



Gambar 8. Hasil Scanning penampang Produk Cor dengan Model Riser I (kiri) dan Model Riser II (kanan)

Namun untuk produk cor Al-Si 12,5% dengan model riser II dijumpai adanya cacat penyusutan permukaan dan cacat penyusutan rongga. Cacat penyusutan rongga dapat terjadi karena modulus cor riser lebih kecil dibandingkan modulus cor produk coran. Ini berarti ada kemungkinan cairan logam di riser membeku lebih dahulu dibandingkan cairan logam di produk cor. Sehingga apabila terjadi penyusutan terjadi pada produk cor, tidak ada cairan logam yang menggantikan posisi cairan logam yang sudah membeku. Daerah yang ditinggalkan akibat difusi cairan logam ini berupa lubang-lubang yang disebut cacat penyusutan rongga (*shrinkage cavity*), seperti yang ditunjukkan gambar 8.

Besar butir paduan Al-Si 12,5 % untuk kedua jenis model riser relatif sama besar namun besar butir ini lebih besar dibandingkan paduan Al-Si 7%. *Dendritic segregation* produk coran dengan model riser II lebih banyak daripada produk coran dengan model riser I. Struktur mikro paduan ini ditunjukkan pada gambar 9 dengan skala pembesaran 1000x



Gambar 9. Struktur Mikro Paduan Al-Si 12,5% dengan Model Riser I (kiri) dan Model Riser II (kanan)

5. Kesimpulan

Meskipun modulus cor riser lebih besar dibandingkan modulus cor produk coran tidak menjamin tidak terjadi cacat penyusutan rongga (*shrinkage cavity*). Konduktivitas thermal paduan berpengaruh terhadap kemungkinan terjadi cacat penyusutan rongga.

Ukuran butir untuk paduan yang sama relatif sama besar dan tidak bergantung pada modulus cor riser. Ukuran butir paduan Al-Si

12,5% lebih besar dibandingkan ukuran butir paduan Al-Si 7%.

Daftar Pustaka

1. Tjitro Soejono, *Simulasi Numerik Proses Pembekuan Aluminium Pada Pengecoran Cetakan Pasir*, Tesis, Universitas Indonesia, 2001.
2. Tjitro Soejono, Pengaruh Bentuk Riser Terhadap Cacat Penyusutan Produk Cor Aluminium Cetakan Pasir, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 3 (Oktober 2001) pp. 41-45.
3. ____, *Annual Book of ASTM Standard Section 3*, 1994.
4. ____, *Aluminum and Aluminum Alloys*, ASM Specialty Annual Book of ASTM Standards 3, Handbook, 1994.
5. Anson J.P., J.E. Gruzleski, *Effect of Hydrogen Content on Relative Shrinkage and Gas Microporosity in Al-7% Si Casting*, McGill University, Canada, 2000.
6. Hartanto Lily S., *Analisa Pengaruh Paduan Aluminium-Silikon Terhadap Nilai Casting Modulus*, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin-Universitas Kristen Petra, Surabaya, 2002.